# 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐生产性能、营养物质消化率及氮代谢的影响

邢敬亚　钟　伟　刘　帅　陈明帅　司华哲　张　婷　孙浩然　李光玉*

（中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112）

摘　要：本试验旨在研究饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐生产性能、营养物质消化率及氮代谢的影响。选取 120 日龄体重相近的健康雄性蓝狐 60 只，随机分成 6 组，每组 10 个重复，每个重复 1 只蓝狐。各组分别饲喂玉米油与棕榈酸配比为 0:12（Ⅰ组）、3:9（Ⅱ组）、5:7（Ⅲ组）、7:5（Ⅳ组）、9:3（Ⅴ组）和 12:0（Ⅵ组）的试验饲粮。预试期 7 d，正试期 67 d。结果表明：1）饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐平均日增重有极显著影响（$P<0.01$），对平均日采食量和料重比无显著影响（$P>0.05$）。随着饲粮玉米油添加比例的升高，平均日增重逐渐升高。饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐体长、针毛长度和绒毛长度均无显著影响（$P>0.05$），Ⅵ组鲜皮长显著高于Ⅰ组（$P<0.05$）。2）饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐脂肪、碳水化合物和干物质消化率有极显著影响（$P<0.01$），对蛋白质消化率无显著影响（$P>0.05$）。3）饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐食入氮、粪氮、尿氮、氮沉积、净蛋白利用率和蛋白质生物学价值均无显著影响（$P>0.05$）。然而，氮沉积随饲粮中玉米油添加比例的升高呈上升趋势，Ⅰ组最低，Ⅵ组最高；净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值均以Ⅴ组最高。综合各指标，从保证蓝狐生产性能和营养物质消化率考虑，冬毛期蓝狐干饲粮中玉米油与棕榈酸的适宜比例应当维持在 9:3（即亚油酸含量为 3.76%）。

关键词：玉米油；棕榈酸；蓝狐；冬毛期；生产性能；营养物质消化率；氮代谢

中图分类号：S865.2+3

在大多数哺乳动物中，必需脂肪酸在动物体内发挥着重要作用，但动物机体不能合成，必须通过饲粮额外补充[1-2]。玉米油中含有大量的亚油酸，蓝狐干粉饲粮中添加适当的玉米油一方面可以提高饲粮的适口性，满足蓝狐对能量的需求；另一方面可以满足其对脂肪酸的需求[3]。棕榈酸是一种饱和性脂肪酸，主要是从棕榈油中提取，棕榈酸比不饱和脂肪酸更容易消化吸收[4]。王爽等[5]研究报道，豆油与棕榈酸不同配比能够促进蛋鸭生长，提高平均日

---

收稿日期：2016-12-01
基金项目：中国农业科学院科技创新工程；吉林省自然基金项目（20140101033JC）
作者简介：邢敬亚（1988—），女，山东临清人，硕士研究生，研究方向为野生动物营养与饲料科学。E-mail： 467064302@qq.com
*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail： tcslgy@126.com

增重。王筱菁等[6]研究表明，适宜的棕榈酸和亚油酸可降低人体内总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白含量。饲粮适宜的亚油酸水平可以提高育肥猪平均日增重，降低料重比，提高动物免疫力[7-9]。马宏峰[10]报道，饲粮中添加适宜的亚油酸会促进小鼠生长，降低血脂水平，显著影响脂蛋白代谢，从而降低心血管疾病的发生几率[11]。NRC（1982）[12]狐貂营养需求标准中指出，亚油酸在毛皮动物的毛皮发育过程中起着至关重要的作用，并可能影响冬毛期毛皮品质。蓝狐是一种珍贵的毛皮动物，但在亚油酸需求量研究方面鲜有报道。因此，本试验通过在冬毛期蓝狐饲粮中添加不同配比的玉米油和棕榈酸，研究其对雄性蓝狐生产性能、营养物质消化率及氮代谢的影响，初步探讨亚油酸对蓝狐的营养作用，为玉米油和棕榈酸在蓝狐干粉饲粮中的合理应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

试验随机选择 120 日龄、健康、体重（4 700±50） g 的雄性本地改良品种蓝狐 60 只，饲养试验地点为中国农业科学院特产研究所毛皮动物试验基地。

### 1.2 试验饲粮

以膨化玉米、豆粕、鱼粉、肉骨粉、玉米蛋白粉、干酒糟及其可溶物（DDGS）、玉米油、棕榈酸等为主要原料，同时添加由矿物质、维生素等组成的营养性添加剂制成试验饲粮，各组饲粮的营养水平基本保持一致。为防止天气炎热导致油脂氧化，饲粮分批制作，将配制好的试验饲粮存于冷库内，现喂现取，以保证饲粮的适口性和营养价值。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets （air-dry basis） %

| 项目 Items | 组别 Groups | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 原料 Ingredients | | | | | | |
| 膨化玉米 Extruded corn | 28.80 | 28.80 | 28.80 | 28.80 | 28.80 | 28.80 |
| 鱼粉 Fish meal | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| 肉骨粉 Meat and bone meal | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 玉米蛋白粉 Corn gluten meal | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 干酒糟及其可溶物 DDGS | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 豆粕 Soybean meal | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 |
| 玉米油 Corn oil | | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 | 12.00 |
| 棕榈酸 Palmitic acid | 12.00 | 9.00 | 7.00 | 5.00 | 3.00 | |
| 预混料 Premix[1)] | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 赖氨酸 Lys | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 蛋氨酸 Met | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 磷酸氢钙 $CaHPO_4$ | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 合计 Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels[2)] | | | | | | |
| 代谢能 ME/（MJ/kg） | 15.27 | 15.45 | 15.58 | 15.46 | 15.41 | 15.48 |
| 粗蛋白质 Crude protein | 30.67 | 30.43 | 30.91 | 30.75 | 30.96 | 30.12 |
| 粗脂肪 Crude fat | 16.12 | 16.53 | 16.75 | 16.15 | 16.56 | 16.81 |
| 碳水化合物 Carbohydrate | 36.17 | 35.50 | 35.25 | 36.20 | 34.44 | 35.29 |
| 钙 Ca | 2.61 | 2.70 | 2.75 | 2.53 | 2.59 | 2.62 |
| 磷 P | 1.59 | 1.62 | 1.55 | 1.59 | 1.58 | 1.60 |
| 亚油酸 Linoleic acid | 0.10 | 1.32 | 2.13 | 2.94 | 3.76 | 4.97 |

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 10 000 IU，$VD_3$ 2 500 IU，VE 220 mg，$VB_1$ 4 mg，$VB_2$ 5 mg，$VB_6$ 2 mg，$VB_{12}$ 0.042 mg，$VK_3$ 0.5 mg，VC 120 mg，泛酸 pantothenic acid 22 mg，生物素 biotin 16 mg，叶酸 folic acid 1 mg，氯化胆碱 choline choline 1.2 mg，Fe 140 mg，Cu 5 mg，Mn 16 mg，Zn 32 mg，I 0.8 mg，Se 0.12 mg。

[2)]代谢能和碳水化合物为计算值，其余为实测值。ME and carbohydrate were calculated values, while others were measured values.

1.3 试验设计与饲养管理

试验将 60 只雄性蓝狐随机分为 6 组，每组 10 个重复，每个重复 1 只蓝狐。各组试验蓝狐分别饲喂玉米油与棕榈酸配比为 0:12（Ⅰ组）、3:9（Ⅱ组）、5:7（Ⅲ组）、7:5（Ⅳ组）、9:3（Ⅴ组）和 12:0（Ⅵ组）的试验饲粮。预试期 7 d，正试期 67 d。试验全程在室外自然光照

条件下进行，由专人饲喂，每天早、晚各 1 次，自由饮水。

1.4 消化代谢试验

消化代谢试验于 2015 年 10 月 27 日至 2015 年 10 月 30 日进行，每组选出 8 只采食与排粪正常的健康蓝狐作为消化代谢的试验动物。采用全收粪法收集连续 4 d 的粪尿，消化代谢试验期间饲养管理与日常饲养管理相同。消化代谢试验期间每天收集尿液，尿液收集前在收集桶内加入 10%硫酸 20 mL 固氮，测定尿液中的氮含量。每天收集粪便称重后按鲜重的 5%加入 10%硫酸溶液，保存于-20 ℃备用。将 4 d 的尿液和粪便分别混合均匀后取样，其中粪便先在 80 ℃下杀菌 2 h，然后在降到 65 ℃烘干至恒重，磨碎过 40 目筛，制成风干样本，以备实验室分析。

1.5 屠宰试验

饲养结束后，每组分别选取 8 只蓝狐实施安乐死，每只蓝狐肌肉注射 10 mg/mL 的氯化琥珀胆碱 10 mL，确认死亡后取皮。

1.6 测定指标及方法

正试期开始后，每天观察试验蓝狐健康状况，记录饲喂量和剩料量，计算采食量，每隔 15 d 早晨空腹称重，计算平均日增重。蓝狐处死后，由鼻尖到到尾根测量其体长，取皮刮油后称鲜皮重，毛皮上楦板由鼻尖到尾根测量鲜皮长，用显微镜计数法和纤维分析仪测定各组蓝狐针毛长度、绒毛长度。测定基础饲粮、粪样等样品干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量[13]。尿氮测定采用凯氏定氮法，采用福斯 Kjeltec8400 型全自动凯氏定氮仪测定；基础饲粮中亚油酸含量测定采用气-质-质联用仪（Agilent7890A-7000B）进行测定。各指标计算公式如下：

平均日增重（g/d）＝（末重－初重）/试验天数；

平均日采食量（g/d）＝试验期采食量/试验天数；

料重比＝平均日采食量/平均日增重；

干物质消化率（%）＝ [（干物质采食量－干物质排出量）/干物质采食量]×100；

蛋白质消化率（%）＝ [（蛋白质摄入量－蛋白质排出量）/蛋白质摄入量]×100；

脂肪消化率（%）＝ [（脂肪摄入量－脂肪排出量）/脂肪摄入量]×100；

碳水化合物消化率（%）=[（碳水化合物摄入量－碳水化合物排出量）/碳水化合物摄入

量]×100；

氮沉积（g/d）＝食入氮－粪氮－尿氮；

净蛋白质利用率（%）＝（氮沉积/食入氮）×100；

蛋白质生物学价值（%）＝［氮沉积/（食入氮－粪氮）］×100。

1.7 数据处理

结果以“平均值±标准差”表示，数据用 Excel 进行整理并用 SAS 8.0 软件中的一般线性模型（GLM）程序进行方差分析，采用 Duncan 氏法进行多重比较，$P$<0.05 为差异显著，$P$<0.01 为差异极显著。

## 2 结 果

### 2.1 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐生产性能的影响

由表 2 可知，饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐的平均日增重有极显著影响（$P$<0.01），对平均日采食量和料重比无显著影响（$P$>0.05）。Ⅰ~Ⅵ组平均日增重随玉米油添加比例的升高呈上升趋势，Ⅴ和Ⅵ组极显著高于Ⅰ组（$P$<0.01），与其他组差异不显著（$P$>0.05）。Ⅵ组料重比最低，Ⅰ组最高。饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐的鲜皮长有显著影响（$P$<0.05），随玉米油比例的升高总体上呈上升趋势，Ⅰ组鲜皮长最低，Ⅵ组最高。饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐体长、针毛长度和绒毛长度均无显著影响（$P$>0.05）。

表 2 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐生产性能的影响

Table 2 Effects of dietary corn oil and palmitic acid proportion on performance of blue foxes in fur development period ($n$=8)

| 项目 Items | 组别 Groups Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅵ | $P$ 值 $P$-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均日增重 ADG/（g/d） | 18.94±2.24$^{Bb}$ | 22.88±1.81$^{ABab}$ | 22.89±1.76$^{ABab}$ | 25.09±1.24$^{ABab}$ | 27.24±1.40$^{Aa}$ | 28.25±1.71$^{Aa}$ | 0.004 7 |
| 平均日采食量 ADFI/（g/d） | 327.18±5.15 | 332.32±0.00 | 314.72±11.39 | 327.72±4.60 | 331.15±1.17 | 322.78±3.81 | 0.262 1 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 料重比 F/G | 15.85±1.58 | 14.33±1.21 | 14.44±1.17 | 12.97±0.89 | 12.26±0.79 | 11.73±0.65 | 0.092 7 |
| 体长 Body length/cm | 65.94±0.82 | 64.88±0.61 | 66.00±0.80 | 65.38±0.86 | 66.44±0.92 | 65.81±0.52 | 0.774 0 |
| 鲜皮长 Fresh fur length/cm | 83.75±0.73$^{b}$ | 85.25±0.82$^{ab}$ | 85.50±0.53$^{ab}$ | 86.38±0.65$^{ab}$ | 86.00±0.57$^{ab}$ | 86.50±0.50$^{a}$ | 0.047 1 |
| 针毛长度 | 5.61±0.18 | 5.23±0.17 | 5.41±0.08 | 5.38±0.11 | 5.36±0.14 | 5.39±0.08 | 0.510 1 |
| Guard fur length/cm | 5.00±0.13 | 4.78±0.14 | 4.84±0.05 | 4.85±0.10 | 4.95±0.13 | 4.75±0.11 | |
| 绒毛长度 Under-guard fur length/cm | | | | | | | 0.610 7 |

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant different (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant different (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant different (*P*>0.05). The same as below.

### 2.2 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐营养物质消化率的影响

由表 3 可知，饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐脂肪消化率、碳水化合物消化率和干物质消化率有极显著影响（*P*<0.01），对蛋白质消化率无显著影响（*P*>0.05）。脂肪消化率随玉米油添加比例的升高呈先升高后降低的趋势，V组最高，I组最低，V和VI组极显著高于I、II和III组（*P*<0.01），与IV组差异不显著（*P*>0.05）。碳水化合物消化率以VI组最高，I组最低，I组极显著低于其他各组（*P*<0.01），IV、V和VI组极显著高于I、II组（*P*<0.01）。干物质消化率随玉米油添加比例的升高呈上升趋势，I和II组极显著低于IV、V和VI组（*P*<0.01），与III组差异不显著（*P*>0.05）。

表 3　饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐营养物质消化率的影响

Table 3　Effects of dietary corn oil and palmitic acid proportion on nutrient digestibility of

blue foxes in fur development period （*n*=8）

| 项目 Items | 组别 Groups I | II | III | IV | V | VI | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 脂肪消化率 Fat digestibility | 60.00±3.36$^{Cc}$ | 60.36±2.14$^{Cc}$ | 66.98±3.15$^{BCbc}$ | 73.70±1.17$^{ABab}$ | 81.57±0.99$^{Aa}$ | 79.56±1.14$^{Aa}$ | <0.000 1 |
| 蛋白质消化率 Protein digestibility | 66.65±1.81 | 65.78±0.57 | 61.33±2.78 | 64.78±0.81 | 66.44±0..87 | 66.70±1.66 | 0.119 2 |
| 碳水化合物消化率 Carbohydrate digestibility | 62.08±1.15$^{Dd}$ | 67.68±1.18$^{Cc}$ | 68.01±2.23$^{BCbc}$ | 73.37±1.61$^{ABab}$ | 73.00±1.24$^{ABab}$ | 76.67±0.61$^{Aa}$ | <0.000 1 |
| 干物质消化率 Dry matter digestibility | 60.33±1.23$^{Cc}$ | 61.39±0.49$^{Cc}$ | 63.22±1.57$^{BCbc}$ | 65.75±0.66$^{ABab}$ | 68.10±0.93$^{Aa}$ | 69.01±1.16$^{Aa}$ | <0.000 1 |

### 2.3 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐氮代谢的影响

由表 4 可知，饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐食入氮、粪氮、尿氮、氮沉积、净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值均无显著影响（*P*>0.05），但氮沉积随玉米油添加比例的升高呈上升趋势，Ⅵ组最高，Ⅰ组最低，而净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值均以Ⅴ组最高。

表 4　饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐氮代谢的影响

Table 4　Effects of dietary corn oil and palmitic acid proportion on nitrogen metabolism of blue foxes in fur development period （*n*=8）

| 项目 Items | 组别 Groups I | II | III | IV | V | VI | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 食入氮 IN（g/d） | 15.78±0.25 | 16.03±0.00 | 15.18±0.55 | 16.08±0.22 | 15.97±0.06 | 15.57±0.18 | 0.173 1 |
| 粪氮 FN/（g/d） | 5.27±0.32 | 5.49±0.09 | 5.82±0.22 | 5.56±0.14 | 5.36±0.15 | 5.20±0.31 | 0.452 9 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 尿氮 | 6.56±0.49 | 6.58±0.41 | 6.95±0.19 | 6.08±0.49 | 5.96±0.53 | 6.69±0.42 | 0.754 7 |
| UN/（g/d） | 3.22±0.54 | 3.33±0.30 | 3.67±0.43 | 4.24±0.46 | 4.37±0.55 | 4.55±0.56 | |
| 氮沉积 | | | | | | | 0.269 4 |
| RN/（g/d） | | | | | | | |
| 净蛋白质利用率 | 21.53±3.1 | 24.17±2.4 | 25.28±4.1 | 26.07±2.8 | 27.32±3.4 | 23.49±3.2 | 0.852 9 |
| NPU/% | 0 | 0 | 6 | 1 | 6 | 1 | |
| 蛋白质生物学价值 | 35.10±4.8 | 36.57±3.5 | 33.73±2.1 | 39.56±4.4 | 41.10±5.0 | 35.33±4.9 | 0.818 1 |
| BV of protein/% | 3 | 6 | 8 | 2 | 0 | 7 | |

## 3　讨　论

### 3.1 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐生产性能的影响

食肉目动物的亚油酸在体内合成能力较弱，需要通过摄入外源性亚油酸进行补充[14]。在家禽[4]、育肥猪[15]和犬[16]等动物的研究中发现亚油酸可以促进动物生长，提高平均日增重和饲料利用率。本试验结果显示，饲粮中玉米油与棕榈酸配比影响了冬毛期蓝狐平均日增重和饲料利用率，说明添加适量的亚油酸对蓝狐具有促生长作用。饲粮玉米油与棕榈酸配比为12:0（即亚油酸含量 4.97%）时平均日增重最高，但与配比为 3:9（即亚油酸含量为 1.32%）时差异不显著。市场上玉米油 19.7 元/kg，棕榈酸价格为 15 元/kg，故饲粮中添加玉米油比例越少饲粮价格成本越低，综合蓝狐生产性能及价格成本分析，饲粮中玉米油与棕榈酸配比为 3:9，即亚油酸含量为 1.32%时就可以满足蓝狐的生长需要。贺喜等[17]研究发现，饲粮中添加适宜的共轭亚油酸可以显著提高肉仔鸡各阶段的平均日增重，还可提高饲料利用率。金英海[18]研究发现，在育肥猪饲粮中添加适当的红花油（主要成分为亚油酸）可显著提高平均日增重和饲料利用率。本试验结果与上述相关研究基本一致。毛皮动物皮张越大，皮张完整度越好，其毛皮品质与经济价值越高，蓝狐的皮张大小与其体型密切相关[19]。本试验中，饲粮中玉米油与棕榈酸配比为 3:9、5:7、7:5 和 9:3 时鲜皮长优于配比为 0:12 时，在满足蓝狐生长需要情况下，从饲粮价格成本分析，即亚油酸含量为 1.32%时皮张品质较佳。这与饲粮中玉米油与棕榈酸配比对体重影响得出的结果基本一致。

### 3.2　饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐营养物质消化率的影响

本研究表明，基础饲粮中添加玉米油（主要成分为亚油酸）能够提高蓝狐脂肪消化率、

碳水化合物消化率和干物质消化率。蓝狐进入冬毛期开始季节性大量储存脂肪以抵御寒冷，而亚油酸的摄入加速了体脂肪的代谢，促进了机体对脂肪的吸收与利用，可能是由于试验中玉米油逐渐替代棕榈酸，使脂肪消化率逐渐升高，这从侧面也说明了棕榈酸不适合完全或大比例替代玉米油添加到蓝狐饲粮中。杨颖等[20]在水貂的研究中发现，多不饱和脂肪酸能促进饱和脂肪酸的代谢，多不饱和脂肪酸的消化率较高。金英海[18]试验表明，脂肪消化率随饲粮亚油酸的增加逐渐增加。本试验研究结果与相关文献报道一致，本试验玉米油与棕榈酸配比为 9:3（即亚油酸含量为 3.76%）时脂肪消化率最高，对蛋白质消化率无显著影响，但随着玉米油比例的增加，碳水化合物消化率有升高的趋势，可能是因为蓝狐对脂肪的消化吸收间接促进了碳水化合物的吸收。随玉米油比例的增加，干物质消化率呈上升趋势，可能是由于高比例的玉米油提高了饲料的适口性，从而促进了干物质的吸收利用。

### 3.3 饲粮玉米油与棕榈酸配比对冬毛期蓝狐氮代谢的影响

动物饲粮中的含氮物质经体内消化代谢，一部分被动物利用合成蛋白质，促进氮沉积；另一部分则被机体分解代谢随粪、尿排出，来维持动物机体的氮平衡[21]。张婷等[22]通过试验发现添加油脂后一定程度上食入蛋白质合成体蛋白质的效率升高。李荣刚等[23]在饲粮亚油酸水平对断奶至 2 月龄肉兔氮代谢的研究中发现，添加亚油酸后，氮的表观消化率、氮的表现代谢率和蛋白质生物学价值并没有产生相应的影响。本试验中，逐步添加玉米油后食入氮、粪氮、氮沉积、净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值并没有产生显著变化，但随着饲粮玉米油比例的增加，氮沉积有升高的趋势，但组间差异不显著。净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值均以玉米油与棕榈酸配比为 9:3 最高，这可能与亚油酸参与体内氮代谢有关，具体机制有待进一步研究。

## 4 结 论

在本试验条件下，综合冬毛期蓝狐生产性能、营养物质消化率及氮代谢等各项指标，从保证蓝狐生产性能及经济效益考虑，冬毛期蓝狐干粉饲粮中玉米油与棕榈酸的适宜比例应当维持在 9:3（即亚油酸含量为 3.76%）。

参考文献：

[1] 杨静,常蕊.α-亚麻酸的研究进展[J].农业工程,2011,1(1):72–76.

[2] 王海燕,李睿.功能性不饱和脂肪酸研究进展[J].肉类研究,2010(12):14–17.

[3] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].食品工业科技,2012,33(7):418–423.

[4] 吴苏喜,季敏,吴文民.棕榈油与猪油在组成结构和功能特性上的比较[J].中国油脂,2009,34(12):39–44.

[5] 王爽,陈伟,阮栋,等.饲粮亚油酸水平对产蛋初期蛋鸭产蛋性能、蛋品质及脂类代谢的影响[J].动物营养学报,2015,27(3):713–739.

[6] 王筱菁,李万根,苏杭,等.棕榈酸及亚油酸对人成骨肉瘤细胞 MG63 作用的研究[J].中国骨质疏松杂志,2007,13(8):542–546.

[7] 张春娥,张惠,刘楚怡,等.亚油酸的研究进展[J].粮油加工,2010(5):18–21.

[8] 刘小娟,庞广昌,李杨.ω-6 亚油酸对小鼠免疫系统的调节作用[J].食品科学,2010,31(23):375–379.

[9] 葛亚明,张润红,王永生,等.母猪的脂肪营养研究进展[J].动物医学进展,2001,22(3):82–84.

[10] 马宏峰.亚油酸对高脂小鼠脂质代谢的影响及其机制研究[D].硕士学位论文.合肥:合肥工业大学,2007.

[11] 齐婕,尹桂香,罗红.植物油多不饱和脂肪酸对机体健脑作用的研究[J].北华大学学报:自然科学版,2007,8(4):328–331.

[12] NRC.Nutrient requrirments of mink and foxes[M].2nd ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1982.

[13] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[14] 黄宝玺.玉米 ω-6 多不饱和脂肪酸提取及应用的研究[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2007.

[15] SMINK W,VERSTEGEN M W A,GERRITS W J J.Effect of intake of linoleic acid and α-linolenic acid levels on conversion into long-chain polyunsaturated fatty acids in backfat and in intramuscular fat of growing pigs[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2013,97(3):558–565.

[16] HALL J A,PICTON R A,SKINNER M M,et al.The (n-3) fatty acid dose,independent of the (n-6) to (n-3) fatty acid ratio,affects the plasma fatty acid profile of normal dogs[J].The Journal of Nutrition,2006,136(9):2338–2344.

[17] 贺喜,戴求仲,张石蕊,等.日粮共轭亚油酸对不同性别肉仔鸡生长性能及脂肪代谢相关

酶的影响[J].中国畜牧杂志,2008,43(21):25–29.

[18] 金英海.日粮中添加不同水平的红花油对生长育肥猪生长性能和胴体品质的影响[D].硕士学位论文.延吉:延边大学,2005.

[19] 张伟,徐艳春,华彦.毛皮学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2011.

[20] 杨颖,张铁涛,岳志刚,等.饲粮脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):380–388.

[21] AHMED I,KHAN M A.Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp,*Cirrhinus mrigala* (Hamilton)[J].Aquaculture Nutrition,2004,10(4):217–225.

[22] 张婷,钟伟,黄健,等.饲粮脂肪水平对育成期银狐生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1407–1413.

[23] 李荣刚,麻名文,王春阳,等.日粮添加亚油酸对断奶至 2 月龄肉兔生长性能、免疫指标及脂质代谢的影响[J].中国兽医学报,2011,31(11):1676–1680.

Effects of Dietary Corn Oil and Palmitic Acid Proportion on Performance, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism of Blue Fox in Fur Development Period

XING Jingya ZHONG Wei LIU Shuai CHEN Mingshuai SI Huazhe ZHANG Ting SUN Haoran LI Guangyu*

(*State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Special Animal and Plant Sciences, Changchun* 130112, *China)*

Abstract: This study was conducted to study the effects of dietary corn oil and palmitic acid proportion on performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of blue fox in fur development period. Sixty 120-day-old male blue foxes with similar body weight were randomly divided into 6 groups with 10 replicates per group and 1 blue fox per replicate. Foxes in the 6 groups were fed experimental diets with corn oil and palmitic acid proportions of 0:12 （group Ⅰ）, 3:9 （group Ⅱ）, 5:7 （group Ⅲ）, 7:5 （group Ⅳ）, 9:3 （group Ⅴ） and 12:0 （group Ⅵ）, respectively. The pre-test period lasted for 7 days and the trial period lasted for 67 days. The results showed as follows: 1） dietary corn oil and palmitic acid proportion had significant effects

on the average daily gain of blue fox in fur development period ($P$<0.01), but had no significant effects on the average daily feed intake and ratio of feed to gain ($P$>0.05). The average daily gain was increased with dietary proportion of corn oil increased. Dietary corn oil and palmitic acid proportion had no significant effects on body length, guard fur length and under-guard fur length of blue fox in fur development period ($P$>0.05), the fresh fur length in group Ⅵ was significantly higher than that in group Ⅰ （$P$<0.05）. 2) Dietary corn oil and palmitic acid proportion had significant effects on fat digestibility, carbohydrate digestibility and dry matter digestibility of blue fox in fur development period ($P$<0.01), but had no significant effects on the protein digestibility ($P$>0.05). 3) Dietary corn oil and palmitic acid proportion had no significant effects on nitrogen intake, fecal nitrogen, urea nitrogen, nitrogen retention, net protein utilization and biological value of protein of blue fox in fur development period ($P$>0.05). The nitrogen retention was increased with dietary proportion of corn oil increased, group Ⅰ was the lowest, while group Ⅵ was the highest. The net protein utilization and biological value of protein in group Ⅴ were the highest. Considering all indices, dietary corn oil and palmitic acid proportion maintained at 9:3 (linoleic acid level is 3.76%) is considered to be an optimal supplemental proportion for blue foxes in terms of maintaining growth performance and nutrient digestibility.

Key words: corn oil; palmitic acid; blue fox; fur development period; performance; nutrient digestibility; nitrogen metabolism



---

*Corresponding author, professor, E-mail： tcslgy@126.com （责任编辑　武海龙）